

## **ANALISIS KESTABILAN LERENG DENGAN METODE BISHOP (Studi Kasus: Kawasan Citraland sta.1000m)**

**Octovian Cherianto Parluhutan Rajagukguk**

**Turangan A.E, Sartje Monintja**

Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado

email: [octovian311091@gmail.com](mailto:octovian311091@gmail.com)

### **ABSTRAK**

*Analisis kestabilan lereng didapat berdasarkan nilai faktor keamanan dari suatu lereng menggunakan program Rocscience Slide 6.0. Soil properties didapat dari hasil geser langsung. Hasil dari analisis kestabilan lereng yang berada dikawasan Citraland dapat dilihat bahwa kondisi lereng dalam keadaan kritis yang mana nilai faktor keamanannya adalah 1,099. Dengan kondisi kritis tersebut perlu diadakan perbaikan lereng diantaranya dengan menggunakan End Anchored yang mempunyai tujuan untuk memperkecil momen penyebab longsor. Penggunaan End Anchored memberikan nilai faktor keamanan sebesar 1,522 yang menunjukkan lereng dalam kondisi yang stabil.*

*Kata kunci: kestabilan lereng, faktor keamanan, bishop*

### **PENDAHULUAN**

#### **Latar Belakang**

Stabilitas tanah pada lereng dapat terganggu akibat pengaruh alam, iklim dan aktivitas manusia. Longsor terjadi karena ketidakseimbangan gaya yang bekerja pada lereng atau gaya didaerah lereng lebih besar daripada gaya penahan yang ada di lereng tersebut. Kerusakan yang ditimbulkan akibat longsor ini bukan hanya kerusakan secara langsung seperti rusaknya fasitas umum, hilangnya lahan-lahan pertanian, korban jiwa, akan tetapi kerusakan secara tidak langsung melumpuhkan kegiatan ekonomi dan pembangunan daerah yang terkena bencana.

Pemilihan lokasi Citraland sebagai studi kasus pada penelitian ini dilatar belakang oleh terjadinya longsor pada beberapa titik dikawasan tersebut yang disebabkan oleh peningkatan intensitas air hujan akibat perubahan iklim dan mengakibatkan tanah menjadi jenuh sehingga kekuatan tanah berkurang. Kawasan Citraland Manado merupakan area yang sedang dikembangkan khusus dalam pembangunan *real estate*, ruko, dan lain-lain. Pembangunan daerah ini terletak pada daerah yang mempunyai elevasi bidang yang berbeda-beda yang secara sadar maupun tidak, telah menambah beban pada bagian atas lereng yang mengakibatkan perubahan keseimbangan pada lereng. Kondisi yang terjadi pada daerah Citraland ini dapat di analisis melalui perhitungan analisis kestabilan

lereng dengan menggunakan metode-metode tertentu untuk mencari faktor keamanan pada lereng tersebut. Maka, dengan uraian diatas maka penelitian ini perlu dilakukan.

#### **Rumusan Masalah**

Menentukan parameter tanah  $c, \phi, \gamma$ , serta kemiringan lereng dan menggunakan metode Bishop nilai faktor keamanan lereng didaerah Citraland dapat diketahui.

#### **Batasan Masalah**

Pembatasan masalah meliputi sampel tanah diambil dari daerah Citraland. Faktor keamanan dihitung menggunakan metode Bishop dengan bidang longsor berbentuk lingkaran dan gaya-gaya antar irisan adalah nol. Tanah dianggap 1 lapisan. Pengaruh gempa dan beban bangunan tidak diperhitungkan.

#### **Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah mendapatkan faktor keamanan pada lereng didaerah Citraland masih memenuhi syarat. Jikalau tidak memenuhi, solusi yang paling efektif untuk mendapatkan kestabilan lereng diantaranya dengan pembuatan terasering dan penggunaan *End Anchored*. Selain itu, tujuan penelitian ini adalah untuk mencari tahu hubungan antara faktor keamanan dengan variasi sudut kemiringan lereng, variasi parameter geser, variasi jumlah anak tangga (pembuatan terasering) dan hubungan antara

faktor keamanan dengan koefisien rasio tegangan air pori.

### Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah untuk mengetahui desain paling efektif untuk lereng citraland serta mengaplikasikan program komputasi dalam menganalisis kestabilan lereng serta sebagai bahan masukan dalam pengembangan ilmu pengetahuan terutama dalam bidang Geoteknik terlebih khusus dalam hal kestabilan lereng.

### Bagan Alir Penelitian



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

## LANDASAN TEORI

### Pengertian Umum

Lereng adalah bidang miring yang menghubungkan bidang-bidang lain yang mempunyai elevasi yang berbeda. Lereng terbentuk secara alamiah maupun dengan bantuan manusia. Ditinjau dari jenisnya, secara umum lereng terbagi atas 3 bagian yaitu :

- Lereng alam yaitu lereng yang terjadi akibat proses-proses alamiah, misalnya lereng pada perbukitan.
- Lereng yang dibuat dalam pada tanah asli misalnya bilamana tanah dipotong untuk pembuatan jalan atau saluran air irigasi.
- Lereng yang dibuat dari tanah yang dipadatkan misalnya tanggul atau bendungan urugan tanah.

Disetiap macam lereng, kemungkinan terjadi longsor selalu ada. Longsor terjadi akibat gaya dorong (*driving force*) melampaui gaya berlawanan yang berasal dari kekuatan geser tanah sepanjang bidang longsor (Das,1985). Secara teknik dapat dikatakan bahwa longsor terjadi apabila faktor keamanan tidak memenuhi ( $F_k < 1,5$ ).

### Penyebab Terjadinya Longsor

Banyak faktor yang mempengaruhi stabilitas lereng seperti geologi dan hidrologi, topografi, iklim perubahan cuaca. Namun selain itu, kelongsoran juga terjadi akibat (Hardiyatmo, 2010):

- Penambahan beban pada lereng. Tambahan beban pada lereng berupa bangunan baru, tambahan beban pada lereng oleh air yang masuk kedalam pori-pori tanah maupun yang menggenang dipermukaan lereng.
- Penggalan atau pemotongan tanah pada kaki lereng
- Perubahan posisi muka air secara cepat (*rapid drawdown*) pada bendungan, sungai, dan lain-lain.
- Getaran atau gempa bumi
- Jenis tanah
- Kondisi geometrik lereng

### Cara-Cara untuk Menstabilkan Lereng

Ada beberapa cara untuk menstabilkan atau memperbaiki lereng yang mungkin akan terjadi kelongsoran, yaitu :

- Membuat lereng lebih datar atau mengurangi sudut kemiringan dari lereng tersebut. Ini cocok untuk lereng yang tidak terlalu tinggi.
- Memperkecil ketinggian lereng
- Merubah lereng menjadi *multy slope*
- Dengan menambah *counter weight* yaitu tanah timbunan pada kaki lereng.

### Analisis Kestabilan Lereng

Analisis kestabilan lereng pada umumnya berdasarkan pada konsep keseimbangan plastis

batas (*limit plastic equilibrium*) (Hardiyatmo, 2010).

- Kelongsoran lereng terjadi disepanjang permukaan bidang longsor tertentu dan dapat dianggap sebagai masalah bidang 2 dimensi.
- Massa tanah yang longsor dianggap berupa benda yang pasif.
- Tahanan geser dari massa tanah yang setiap titik sepanjang bidang longsor tidak tergantung dari orientasi permukaan longsor, atau dengan kata lain kuat geser tanah dianggap isotropis
- Faktor aman didefinisikan dengan memperhatikan tegangan geser rata-rata sepanjang bidang longsor yang potensial dan kuat geser tanah rata-rata sepanjang permukaan longsor. Jadi, kuat geser tanah mungkin terlampaui di titik-titik tertentu pada bidang longornya, padahal faktor aman hasil hitungan lebih besar 1,5.

Analisis Kestabilan Lereng ditujukan untuk mendapatkan angka faktor keamanan dari suatu bentuk lereng tertentu. Dengan diketahuinya faktor keamanan memudahkan pekerjaan pembentukan atau perkuatan lereng untuk memastikan apakah lereng yang telah dibentuk mempunyai risiko longsor atau cukup stabil. Bertambahnya tingkat kepastian untuk memprediksi ancaman longsor dapat bermanfaat untuk hal-hal sebagai berikut :

- Untuk memahami perkembangan dan bentuk dari lereng alam dan proses yang menyebabkan terjadinya bentuk-bentuk alam yang berbeda.
- Untuk menilai kestabilan lereng dalam jangka pendek (biasanya selama konstruksi) dan jika kondisi jangka panjang.
- Untuk menilai kemungkinan terjadinya kelongsoran yang melibatkan lereng alam atau lereng buatan.
- Untuk menganalisis kelongsoran dan untuk memahami kesalahan mekanisme dan pengaruh dari faktor lingkungan.
- Untuk dapat mendisain ulang lereng yang gagal serta perencanaan dan disain pencegahannya, serta pengukuran ulang.
- Untuk mempelajari efek atau pengaruh dari beban gempa pada lereng dan tanggul.

### Metode Bishop

Metode Bishop adalah Metode yang diperkenalkan oleh A.W. Bishop menggunakan cara potongan dimana gaya-gaya yang bekerja pada tiap potongan ditunjukkan seperti pada

gambar 2.4 . Metode Bishop dipakai untuk menganalisis permukaan gelincir (*slip surface*) yang berbentuk lingkaran. Dalam metode ini diasumsikan bahwa gaya-gaya normal total berada/bekerja dipusat alas potongan dan bisa ditentukan dengan menguraikan gaya-gaya pada potongan secara vertikal atau normal. Persyaratan keseimbangan dipakai pada potongan-potongan yang membentuk lereng tersebut. Metode Bishop menganggap bahwa gaya-gaya yang bekerja pada irisan mempunyai resultan nol pada arah vertikal (Bishop, 1955).

Untuk lereng yang dibagi menjadi  $n$  buah *slice* (iris).

Tabel 1. Persamaan yang diketahui pada Metode Bishop

No	Persamaan yang ada	Jumlah
1	Keseimbangan normal	$n$
2	Keseimbangan tangensial	$n$
3	Keseimbangan momen	$n$
Total		$3n$

Tabel 2. Persamaan yang tidak diketahui pada Metode Bishop (Anderson dan Richards, 1987).

No	Persamaan yang tidak diketahui	Jumlah
1	Faktor Keamanan	1
2	Gaya-gaya normal total (P) pada dasar <i>slice</i>	$n$
3	Posisi gaya P	$n$
4	Gaya-gaya horisontal antar <i>slice</i>	$n-1$
5	Gaya-gaya vertikal antar <i>slice</i>	$n-1$
6	Tinggi gaya-gaya antar <i>slice</i>	$n-1$
Total		$5n-2$

Maka diperlukan asumsi sebanyak  $(2n - 2)$  agar masalah bisa diselesaikan secara statis tertentu.

Tabel 3. Asumsi Umum Persamaan pada Metode Bishop

No	Asumsi Umum	Jumlah
1	Posisi gaya normal pada pusat <i>slice</i>	$n$
2	Gaya antar <i>slice</i> vertikal adalah nol	$n-1$
Total		$2n-1$

Secara umum ada tiga macam asumsi yang dapat dibuat :

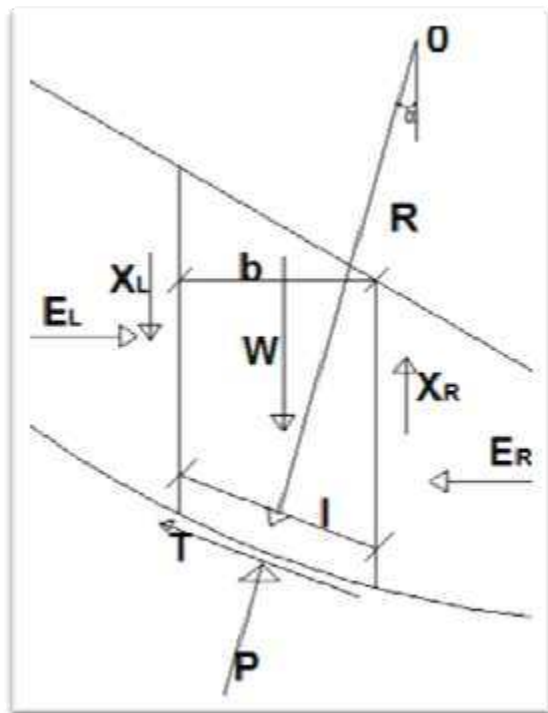
- Asumsi mengenai distribusi tegangan normal sepanjang permukaan gelincir

- Asumsi mengenai inklinasi dari gaya-gaya antar potongan
- Asumsi mengenai posisi garis resultante gaya-gaya antar potongan.

Pada sebagian besar metode analisis, gaya normal diasumsi bekerja dipusat alas dari tiap potongan, sebab potongan tipis. Ini diterapkan pada sejumlah asumsi. Metode Bishop ini menggunakan asumsi sebanyak  $(2n - 1)$ . Prinsip dasarnya sebagai berikut:

- Kekuatan geser didefinisikan dengan menggunakan hubungan linier Mohr-Coulomb
- Menggunakan Keseimbangan normal
- Menggunakan keseimbangan tangensial
- Menggunakan keseimbangan momen

### Rumus Metode Bishop



Gambar 2. Gaya-gaya yang bekerja pada suatu potongan

Keterangan :

$W$  = Berat total pada irisan

$E_L, E_R$  = Gaya antar irisan yang bekerja secara horisontal pada penampang kiri dan kanan

$X_L, X_R$  = Gaya antar irisan yang bekerja secara vertikal pada penampang kiri dan kanan

$P$  = Gaya normal total pada irisan

$T$  = Gaya geser pada dasar irisan

$b$  = Lebar dari irisan

$l$  = Panjang dari irisan

$\alpha$  = Sudut Kemiringan lereng

Dengan memperhitungkan seluruh keseimbangan gaya maka rumus untuk faktor keamanan  $Fk$  metode Bishop diperoleh sebagai berikut (Anderson dan Richards, 1987):

$$Fk = \frac{[c'l + (P - ul) \tan \phi']}{W \sin \alpha} \quad (1)$$

### Faktor Keamanan

Faktor keamanan terhadap longsoran didefinisikan sebagai perbandingan kekuatan geser maksimum yang dimiliki tanah dibidang longsor yang diandaikan ( $s$ ) dengan tahanan geser yang diperlukan untuk keseimbangan ( $\tau$ ),

$$\text{atau } Fk = \frac{s}{\tau}.$$

Secara teoritis tingkat nilai faktor keamanan

Tabel 4. Tingkat nilai  $Fk$  Teoritis

$Fk$	Keterangan
$>1$	Stabil
$=1$	Kritis
$<1$	Labil

Dalam praktek (Bowles, 1984) tingkat nilai faktor keamanan

Tabel 5. Tingkat nilai  $Fk$  dalam praktek

$Fk$	Keterangan
$>1,5$	Stabil
$1,07 < Fk < 1,5$	Kritis
$<1,07$	Labil

### PROSEDUR PENGUJIAN LABORATORIUM

Percobaan yang dilakukan dilaboratorium bermaksud untuk mengetahui karakteristik tanah dan untu mencari parameter geser tanah. Percobaan yang dilakukan antara lain :

- Pengujian batas-batas Atterberg
- Pengujian kadar air
- Pengujian berat jenis
- Pengujian distribusi ukuran butir
- Pengujian geser langsung

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Hasil Distribusi Ukuran Butir

Tabel 6. Hasil distribusi ukuran butir

No.	SARINGAN	BERAT (g)				PERSENTASE (%)	
		SARINGAN	SARINGAN + TANAH	TANAH TERTAHAN	KOMULATIF TERTAHAN	TERTAHAN	LOLOS
1	8	475.3	484.6	9.3	9.3	8.09	91.91
2	10	463.6	467.4	3.8	13.1	11.39	88.61
3	12	482.1	485.3	3.2	16.3	14.17	85.83
4	16	443.6	450.2	6.6	22.9	19.91	80.09
5	18	438.9	445.4	6.5	29.4	25.57	74.43
6	30	419.7	425.3	5.6	35.0	31.26	68.74
7	40	396.2	408.1	11.9	46.9	40.61	59.39
8	50	386.8	395.5	8.7	55.6	46.47	53.53
9	80	348.5	364.4	15.9	71.5	70.52	29.48
10	100	351.2	357.2	6.0	77.5	75.74	24.26
11	200	389.5	401.4	11.9	89.4	86.08	13.91
12	PAN	333	349	16	105.4	100	
		$\Sigma$ TERTAHAN					

Koefisien gradasi  $C_c$  dan koefisien keseragaman  $C_u$  tidak mempunyai arti dalam menentukan klasifikasi tanah jika butiran tanah lebih dari 12% lolos saringan nomor 200 (Sutarman, 2013).

#### Hasil Pengujian Batas-batas Atterberg

Tanah yang diambil bersifat non plastisitas dikarenakan terjadi kehancuran sebelum menjadi bentuk sampel yang diinginkan ketika percobaan untuk mencari batas plastis dilakukan.

#### Parameter Geser Tanah

Tabel 7. Nilai Parameter Geser Tanah

$c$	=	0,3	kg/cm <sup>2</sup>
$\Phi$	=	25,7	°
$\gamma$	=	1,7	gr/cm <sup>3</sup>

#### Klasifikasi Tanah Menggunakan USCS (Unified Soil Classification System)

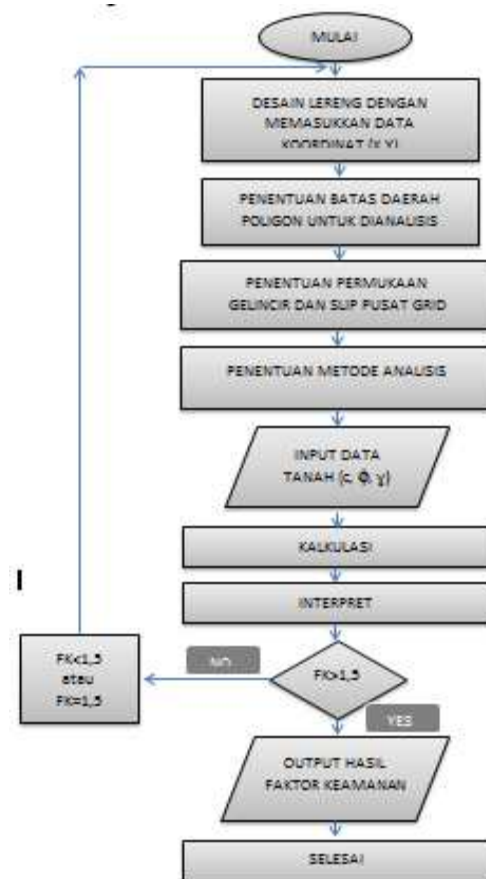
USCS merupakan sistem yang digunakan di Amerika sejak tahun 1942 yang pada awalnya dikembangkan untuk pembangunan lapangan terbang. Pada tahun 1948 Cassagrande menguraikan sistem ini dan memodifikasinya pada tahun 1952 agar dapat digunakan pada bendungan dan konstruksi lainnya. Data-data yang dibutuhkan adalah pengamatan secara visual, hasil analisis saringan dan hasil pengujian batas-batas Atterberg. Berdasarkan hasil-hasil yang telah tertera di atas maka klasifikasi tanah dapat digolongkan kedalam jenis tanah bersimbol SM yaitu *silty sand*.

#### Rocscience Slide 6.0

Untuk membantu perhitungan kestabilan lereng dengan metode Bishop pada penelitian ini maka digunakan program *Slide 6.0*. Perhitungan

analisis kestabilan lereng dengan program ini memerlukan data-data yang diketahui lebih dahulu yaitu parameter geser tanah dan titik koordinat lereng yang akan dianalisis.

Dalam mendesain sebuah lereng dengan program *Slide 6.0*, dilakukan langkah-langkah seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Langkah-langkah Slide 6.0

#### Hasil Perhitungan Faktor Keamanan

Berdasarkan dari data-data yang telah diketahui di atas, dan dimasukkan kedalam program, maka telah didapatkan faktor keamanan yaitu 1,099.

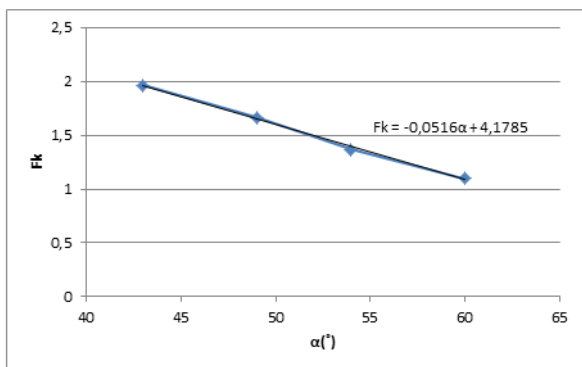
#### Variasi Desain Lereng

#### Hubungan antara Faktor Keamanan dengan Sudut Kemiringan Lereng $\alpha$

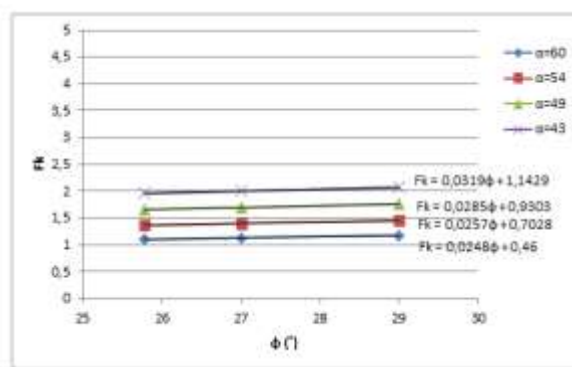
Tabel 8.  $F_k - \alpha$ 

$\alpha$	$F_k$
43	1,963
49	1,666
54	1,366
60	1,099





Grafik 1. Hubungan Fk-  $\alpha$



Grafik 3. Hubungan Fk-  $\phi$

*Hubungan antara Faktor Keamanan dengan Parameter Geser Tanah ( $c$ ,  $\phi$ )*

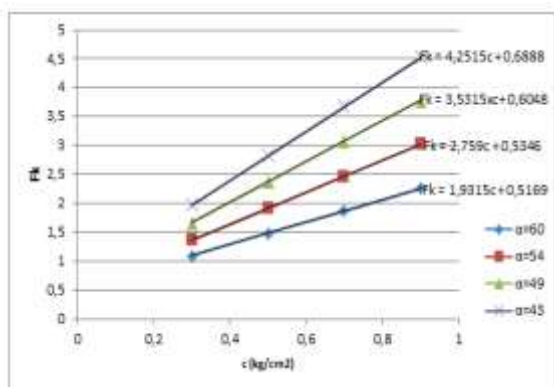
Tabel 9. Fk-  $c$

$c$	$\alpha$			
	60°	54°	49°	43°
0,3	1,099	1,366	1,666	1,965
0,5	1,48	1,91	2,369	2,814
0,7	1,866	2,463	3,075	3,664
0,9	2,258	3,021	3,785	4,516

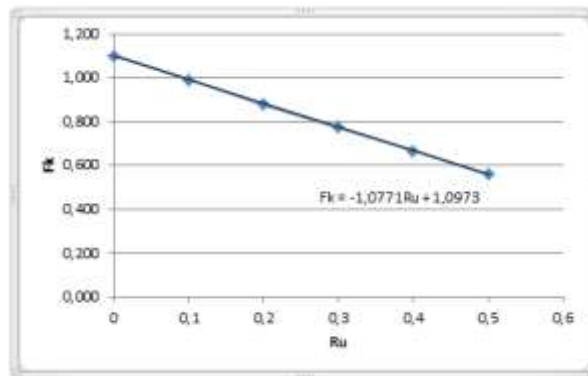
*Hubungan antara Faktor Keamanan dengan Koefisien Ratio Tegangan Angka Pori*

Tabel 11. Fk- Ru

Ru	Fk
0	1,099
0,1	0,990
0,2	0,879
0,3	0,773
0,4	0,667
0,5	0,560



Grafik 2. Hubungan Fk-  $c$



Grafik 4. Hubungan Fk- Ru

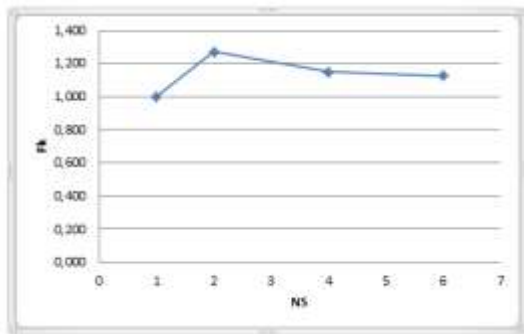
Tabel 10. Fk-  $\phi$

$\phi$	$\alpha$			
	60°	54°	49°	43°
25,77	1,099	1,366	1,666	1,965
27	1,129	1,397	1,7	2,004
29	1,179	1,449	1,758	2,068

*Hubungan antara Faktor Keamanan dengan Jumlah Anak Tangga*

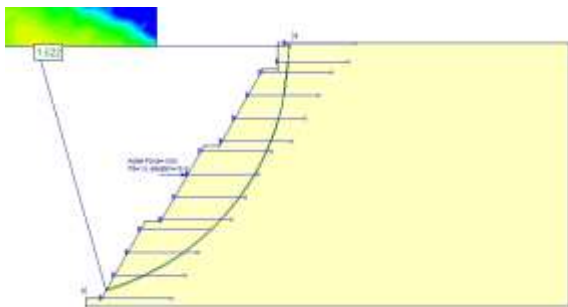
Tabel 12. Fk- NS

Jumlah Anak Tangga	Tinggi anak tangga	Fk
1	28,98 m	1,000
2	14,49 m	1,270
4	7,26 m	1,148
6	4,83 m	1,125



Grafik 5. Hubungan Fk- NS

### Faktor Keamanan Lereng yang Telah Diperbaiki



Gambar 4. Lereng yang Telah diperbaiki

Lereng diperbaiki dengan menggunakan *End Anchored* menghasilkan faktor keamanan yaitu 1,522. Data *anchored* yang digunakan adalah sebagai berikut :

Panjang	= 8 m
Jarak antar <i>anchored</i>	= 3 m
Kapasitas	= 210 KN
Jumlah	= 14 buah

## PENUTUP

### Kesimpulan

- Dari grafik hubungan antara Fk dan  $\alpha$  dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai  $\alpha$  , semakin kecil nilai faktor keamanan Fk rata-rata 21,36% mengikuti persamaan  $Fk = -0,0516\alpha + 4,1785$ .
- Dari grafik hubungan antara Fk dan c dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai c , semakin meningkat nilai faktor keamanan Fk

rata-rata 21,26% mengikuti persamaan  $Fk = 1,9315c + 0,5169$  ( desain  $\alpha = 60^\circ$ ); 23,23% mengikuti persamaan  $Fk = 2,759c + 0,5346$  ( desain  $\alpha = 54^\circ$ ); 23,79% mengikuti persamaan  $Fk = 3,5315c + 0,6048$  ( desain  $\alpha = 49^\circ$ ); 24,07% mengikuti persamaan  $Fk = 4,2515c + 0,6888$  ( desain  $\alpha = 43^\circ$ ).

- Dari grafik hubungan antara Fk dan  $\phi$  dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai  $\phi$  , semakin meningkat nilai faktor keamanan Fk rata-rata 3,44% mengikuti persamaan  $Fk = 0,0248\phi + 0,46$  ( desain  $\alpha = 60^\circ$ ); 2,90% mengikuti persamaan  $Fk = 0,0257\phi + 0,7028$  ( desain  $\alpha = 54^\circ$ ); 2,64 % mengikuti persamaan  $Fk = 0,0285\phi + 0,9303$  ( desain  $\alpha = 49^\circ$ ); 2,52% mengikuti persamaan  $Fk = 0,0319\phi + 1,1429$  ( desain  $\alpha = 43^\circ$ ).
- Dari grafik hubungan antara Fk dan Ru dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai Ru , semakin menurun nilai faktor keamanan Fk rata-rata 14,47% mengikuti persamaan  $Fk = -1,0771Ru + 1,0973$ .
- Dari grafik Fk dan NS didapatkan bahwa lereng dengan *multi slope* mencapai puncak pada jumlah anak tangga = 2 dengan h =14,49 m dengan Fk dalam kondisi kritis yaitu Fk=1,270.
- Hasil penggunaan *End Anchored* didapatkan Fk=1,522. Data *End Anchored* yang digunakan P = 8 m, s = 3 m, n= 14 bh, kapasitas = 210 KN.

### Saran

- Kualitas tanah yang baik dari segi parameter geser diperlukan untuk lereng yang mempunyai sudut kemiringan besar agar faktor keamanan diharapkan baik.
- Lereng dengan *multi slope* dan memperkecil sudut lereng merupakan alternatif serta penggunaan *End anchored* untuk memperkecil terjadinya longsor.
- Perlu diadakan penelitian lebih lanjut mengenai faktor keamanan menggunakan metode-metode konvensional ataupun metode FEM.

## DAFTAR PUSTAKA

Anderson, M.G., Richard K.S., 1987. *Slope Stability, Geotechnical Engineering and Geomorphology*, John Wiley and Sons.

- Bishop, A.W., 1955. *The Use of Slip Surface in The Stability of Analysis Slopes, Geotechnique*, Vol 5. London
- Bowles, J. E., 1984. *Physical and Geotechnical Properties of Soils*, McGraw-Hill Book Company, USA.
- Das, Braja M., 1985. *Principles of Geotechnical Engineering*, 3rd ed, Carbondale, Southern Illinois University, PWS Publishing Company, Boston.
- Das Braja., 1995. M. Endah Noor.Mochtar Indrasurya B. *Mekanika Tanah Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis*, Jilid 1,2. Erlangga. Jakarta.
- Hardiyatmo. H.C., 2007. *Mekanika Tanah 2*, Yogyakarta: UGM Press.
- Sutarman E., 2013. *Konsep dan Aplikasi Pengantar Teknik Sipil*. ANDI. Bandung.